



ISTITUTO NAZIONALE di GEOFISICA e VULCANOLOGIA

Sezione di MILANO

Unità Funzionale “Sismologia Strumentale”

RAPPORTO TECNICO INGV-MI

“STUDIO SULLA POLARITA' DEI SENSORI MARK L4-3D”

Autore: Ezio D'Alema

Marzo 2004

Revisori interni: Paolo Augliera, Simone Marzorati e Dino Bindi.

INGV- Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Sezione di Milano
via Bassini 15, 20133 Milano
tel. 02-23699268
fax 02-23699458
email. dalema@mi.ingv.it

RIASSUNTO

In questo lavoro viene analizzata nel dettaglio la polarità di ognuna delle tre componenti dei sensori sismici MARK L4-3D in dotazione alla Sezione di Milano dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV-MI). Eseguendo un test in laboratorio con misure sincronizzate tra 3 stazioni sismiche MARS88 -MC collegate rispettivamente ad un sensore MARK L4-3C, un Lennartz 3D-5/s ed un Lennartz 3D-Lite, è stato dimostrato come i sensori MARK L4 -3C abbiano la polarità invertita per ognuna delle 3 componenti. Per uniformare tali sensori agli standard internazionali generalmente utilizzati sono state seguite due metodologie diverse: la prima, più veloce, consiste semplicemente nell'invertire la polarità di tutte le tracce registrate dalla stazione via software; la seconda, di più difficile e non immediata realizzazione su tutte le stazioni installate, è quella di smontare il cavo sensore attuale e ricostruirlo invertendo fisicamente le connessioni dei PIN per ogni componente.

I nuovi sensori acquistati dall'INGV-MI sostituiranno i sensori MARK attualmente installati sul territorio, ciò nonostante tutti i cavi sensori non ancora modificati, saranno ripristinati con la polarità corretta. In tal modo verranno risolte le possibili incongruenze e le difficoltà gestionali derivanti dall'utilizzo di sensori con polarità invertita.

INTRODUZIONE

La Sezione di Milano dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, ha preso in carico 20 sensori sismici Mark L4-3D. Con l'installazione sul territorio delle stazioni sismiche MARS88-MC abbinate ai sensori Mark L4-3D (*D'Alema e Marzorati, 2004*) sono iniziate le prime analisi sismologiche sulle forme d'onda registrate con le stazioni sismiche in oggetto. Studiando nel dettaglio i primi arrivi delle fasi P su diversi telesismi e sui segnali relativi alle esplosioni nelle cave, è stato notato che sistematicamente il segnale registrato presenta polarità opposta rispetto a quanto rilevato dai sensori della Rete Sismica Nazionale Centralizzata (RSNC), tenuto conto della posizione delle stazioni sismiche. In particolare confrontando le tracce dei telesismi registrate da stazioni relativamente vicine, distanti al massimo 100 Km tra loro, dell'INGV-MI e della RSNC il primo arrivo su ciascuna di esse deve avere la stessa natura compressiva (verso “up” della fase P della traccia) o distensiva (verso “down”) (Bormann, 2002).

Una sorgente sismica di natura esplosiva, come le deflagrazioni all'interno delle cave di estrazione mineraria, sono sempre di natura compressiva e, di conseguenza, il primo arrivo della fase P è del tipo “down” (Bormann, 2002).

Nella figura 1 si può osservare la traccia delle tre componenti di una esplosione avvenuta in una cava poco distante alla stazione sismica di Marone.

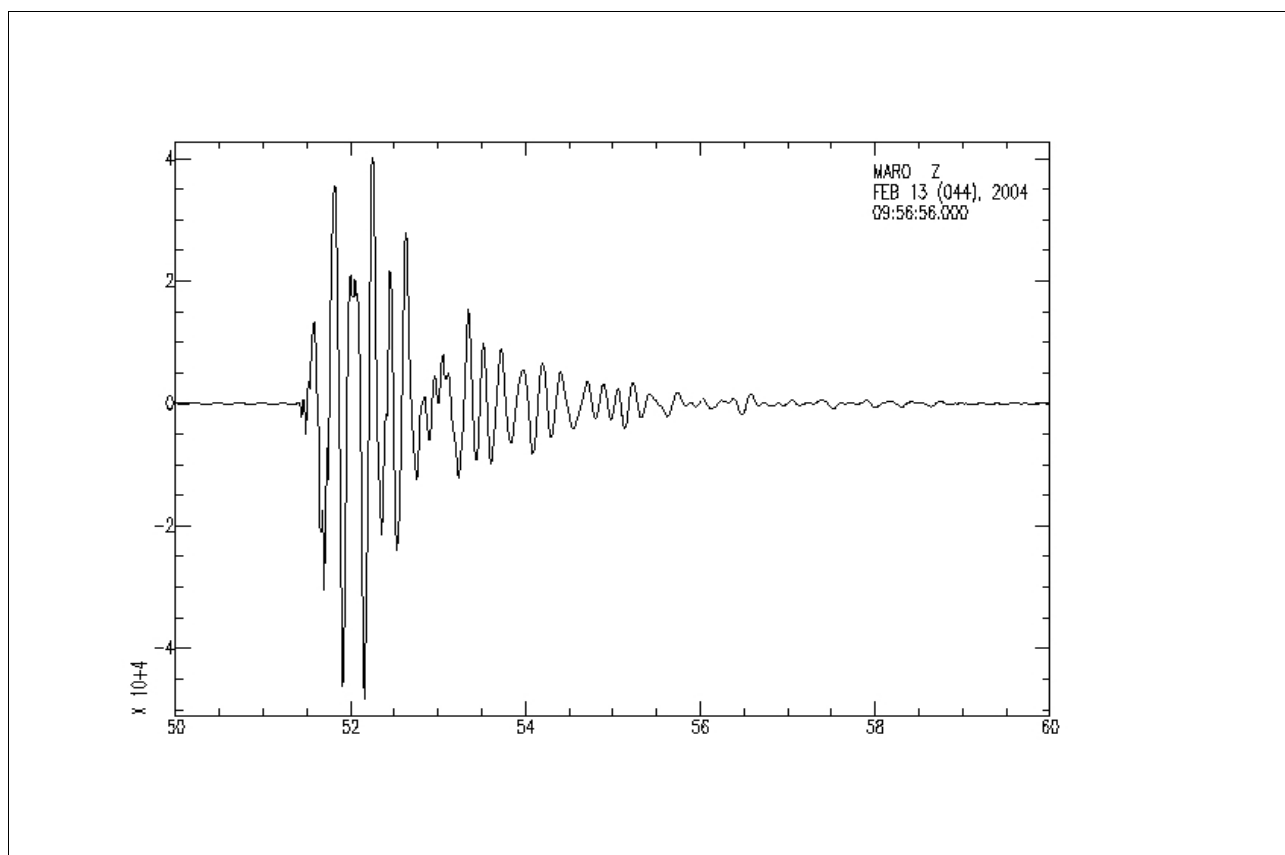


Figura1. Esplosione registrata in una cava dalla stazione sismica MARO; come si può vedere sulla traccia della componente verticale, il primo arrivo della fase P ha un verso tipo “down”, in contraddizione con quanto prevede la teoria del segnale sismico per sorgenti di tipo esplosivo.

Il verso del primo arrivo della fase P risulta di natura distensiva (“down”) sulla componente verticale, in contraddizione con quanto previsto dalla teoria. Essa, infatti, afferma che una sorgente sismica esplosiva produce un primo arrivo di tipo compressivo (“up”) sulla componente verticale in tutte le direzioni. (capitolo 3 del “New Manual of Seismological Observatory Practice”, Bormann, 2002). Tale situazione ha confermato l'inversione dei segnali registrati.

Attraverso misure elettriche la causa dell'inversione di polarità è stata identificata nell'errata esecuzione delle saldature nel connettore del cavo sensore: ad esempio per la componente verticale sono stati collegati il segnale Z+ del sensore con il segnale Z- del cavo sensore e viceversa.

DESCRIZIONE DEI TEST ESEGUITI

Il test eseguito per la verifica dei versi delle singole componenti di un sensore Mark è stato quello di effettuare un'acquisizione di noise con 3 stazioni sismiche Mars88-MD sincronizzate tra loro alle quali sono stati collegati 3 sensori diversi: il MARK L4-3D, il Lennartz 3D/5sec ed il Lennartz 3D-Lite.

Il periodo proprio dei tre sensori è rispettivamente 1 sec, 5 sec ed 1 sec. I sensori Mark sono di tipo passivo (non alimentati), hanno una sensibilità pari a 171 Volts/metro/secondi, smorzamento critico uguale a 0.707; i sensori Lennartz sono di tipo attivo con consumo 8 mA (LE-3Dlite) e 3 mA (LE3D/5s), hanno una sensibilità pari a 400 Volts/metro/secondi e smorzamento critico uguale a 0.707.

Il principio fondamentale sul quale si basa il test effettuato è il tipo di uscita elettrica che ha un sensore sismico: per entrambi i sensori Lennartz una uscita di voltaggio positiva per la componente verticale corrisponde ad un movimento verso l'alto del terreno (up); una uscita di voltaggio positiva per la direzione orizzontale Nord-Sud corrisponde al verso del Nord stampato sul sensore stesso; il verso della componente Est-Ovest è determinato di conseguenza. Per ulteriori dettagli si consulti il manuale *Lennartz electronic GmbH, LE-xD Geophone Family*.

Sulla base di questo principio, eseguendo un'acquisizione con 3 stazioni sismiche con il tempo di acquisizione sincronizzato e con i sensori posti nello stesso sito, una eventuale differenza nelle tracce registrate dalle 3 stazioni è attribuibile univocamente al tipo sensore utilizzato (figura2).

Il segnale di tempo è stato sincronizzato con il radio segnale DCF proveniente dalla stazione trasmettente da Francoforte; il tempo di campionamento è pari 16 milli-secondi.

Nella tabella 1 sono riportate nel dettaglio le MARS88-MC ed i sensori utilizzati per il test.

Nome Stazione	N° ID MARS88-MC	Tipo di Sensore	N° ID Sensore
LAB1	53	MARK L4-3D	57
LAB2	54	Lennartz LE-3Dlite	744
LAB3	69	Lennartz LE3D/5s	20582P311

Tabella 1. Tipo di sensore utilizzato per il primo test ed indicazione della MARS88-MC alla quale ognuno è stato collegato.

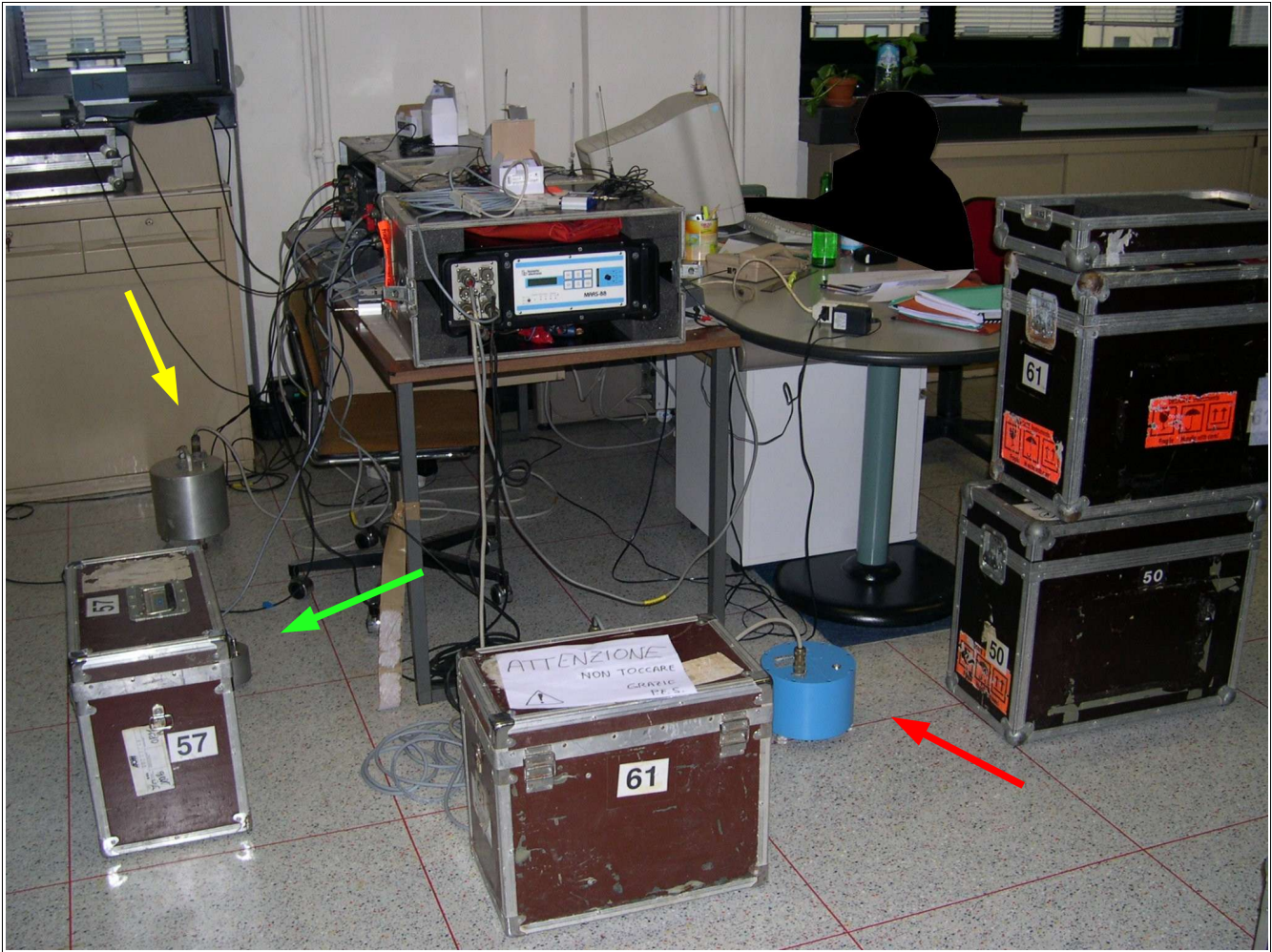


Figura 2. Stazioni sismiche MARS88-MC e sensori utilizzati per eseguire il test di polarità sui sensori Mark L4-3D. La freccia gialla indica il sensore Mark-L4-3D, quella rossa il Lennartz LE3D/5s e quella verde il Lennartz LE-3D-lite.

In figura 3 sono disegnate le tracce registrate sulle 3 componenti per ciascuna stazione; la durata della registrazione è di circa 5 minuti.

Nelle figure 4, 5 e 6 sono disegnate rispettivamente la componente verticale delle 3 stazioni LAB1, LAB2 e LAB3, la componente orizzontale Nord-Sud e la componente orizzontale Est-Ovest. In ognuna di queste figure è stato eseguito uno zoom sulle ascisse per evidenziare meglio 100 campioni di segnale (dal campione 5000 al 5100).

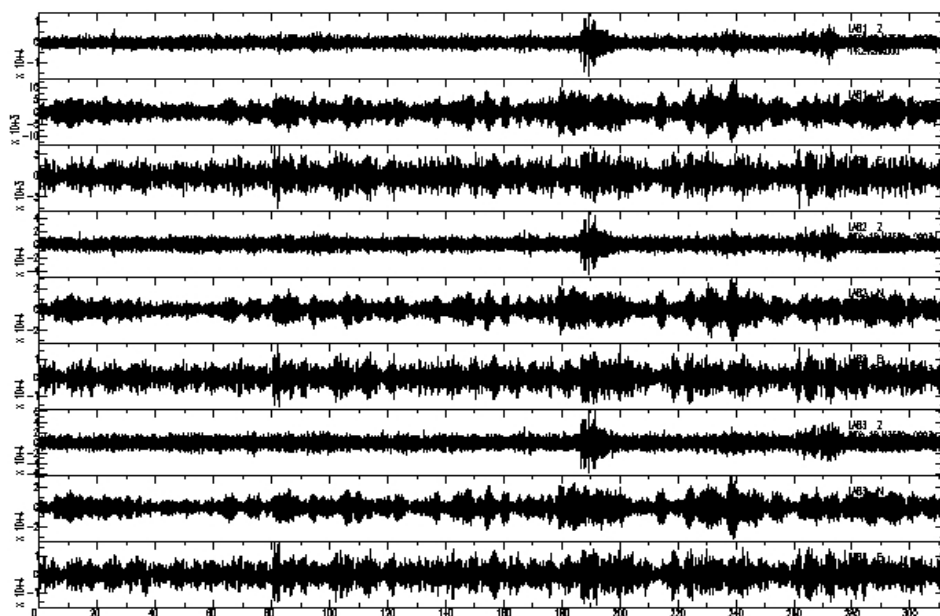


Figura 3. Forme d'onda registrate dalle tre stazioni MARS88-MC. Dall'alto verso il basso sono rappresentate rispettivamente la componente verticale, orizzontale Nord-Sud ed orizzontale Est-Ovest delle stazioni LAB1, LAB2 e LAB3.

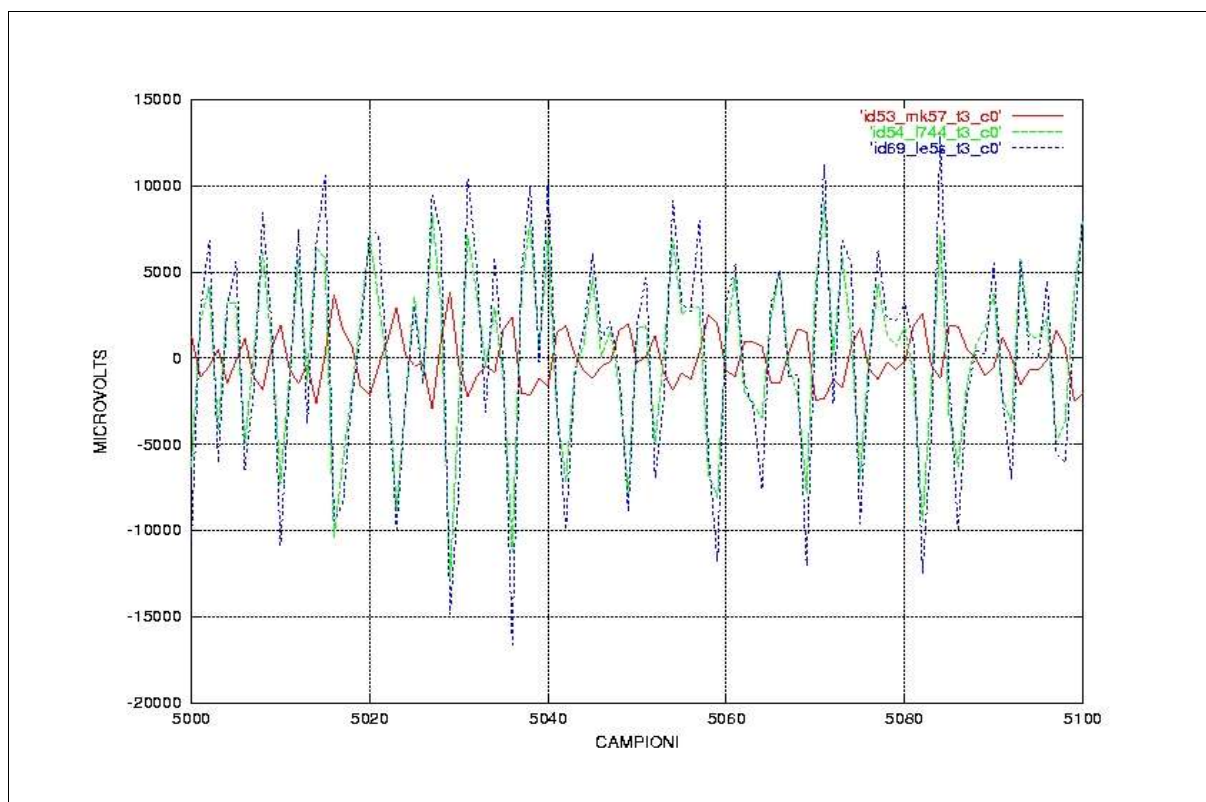


Figura 4. Componenti verticali delle stazioni LAB1 (linea rossa), LAB2 (verde) e LAB3 (blu) dal campione 5000 al campione 5100.

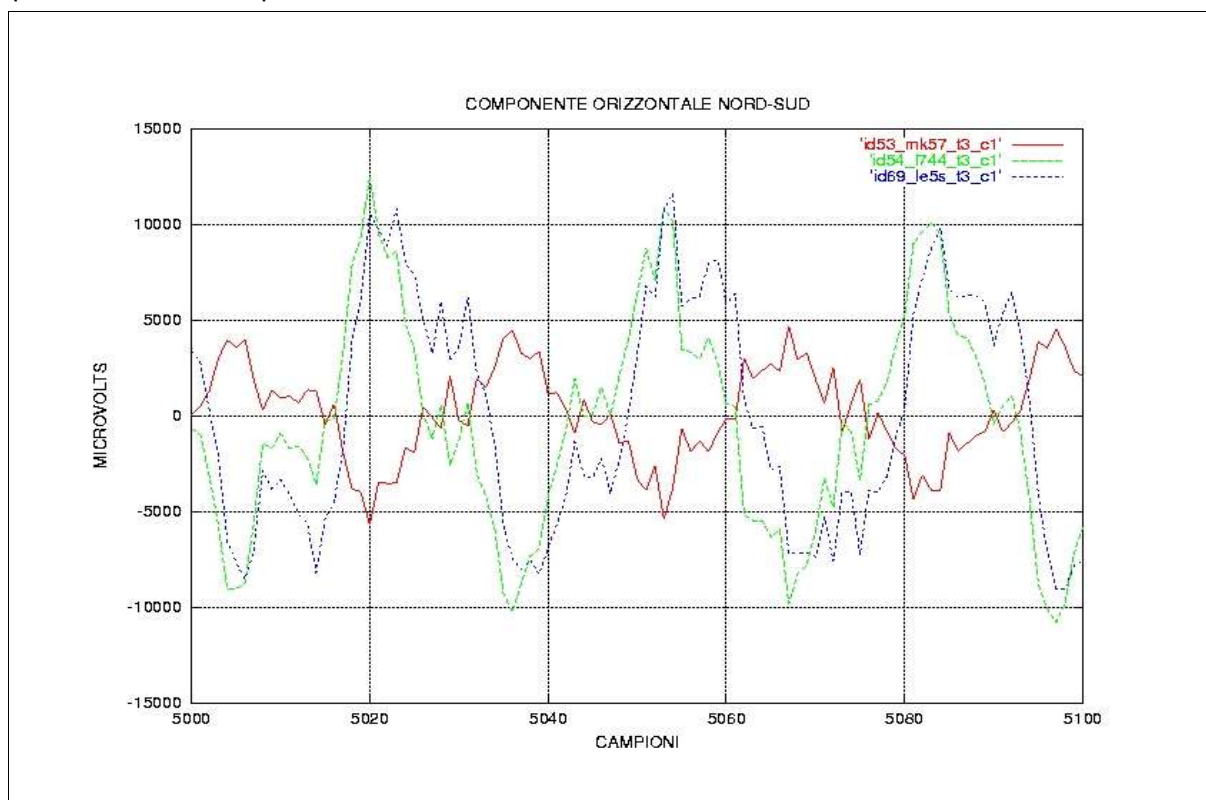


Figura 5. Componenti orizzontali Nord-Sud delle stazioni LAB1 (linea rossa), LAB2 (verde) e LAB3 (blu) dal campione 5000 al campione 5100.

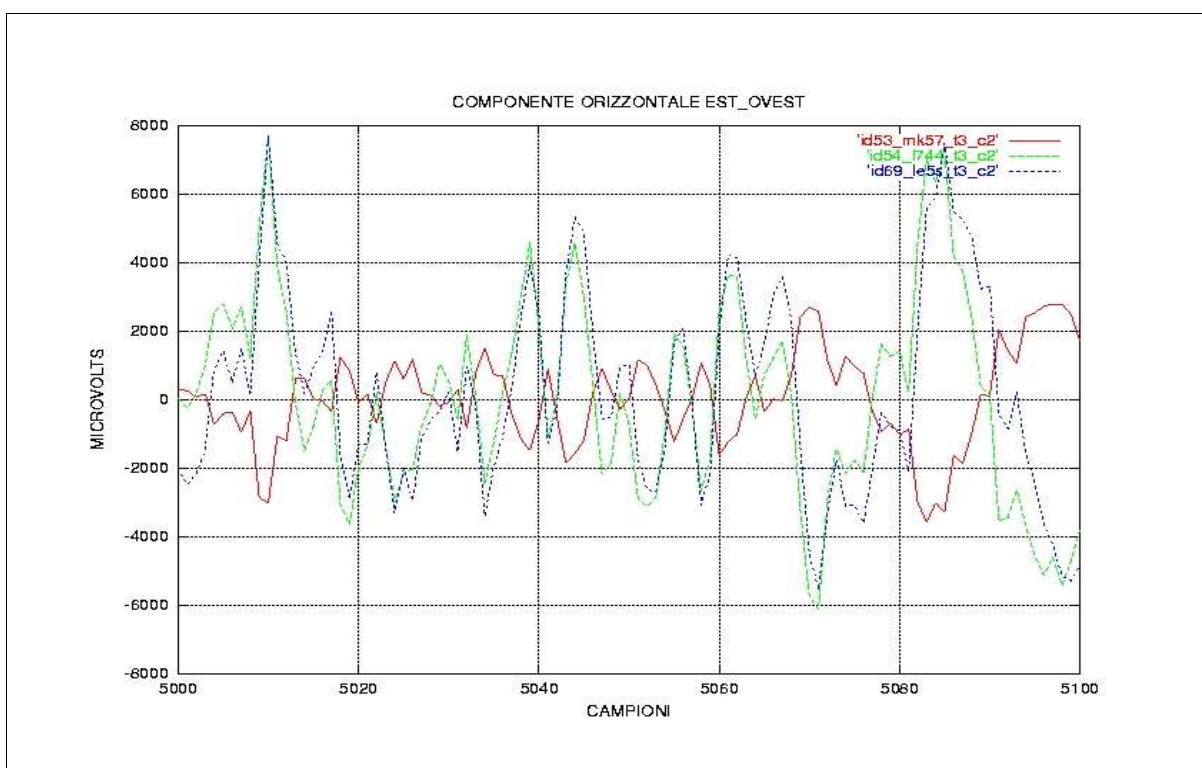


Figura 6. Componenti orizzontali Est-Ovest delle stazioni LAB1 (linea rossa), LAB2 (verde) e LAB3 (blu) dal campione 5000 al campione 5100.

Come si può osservare in ciascuna delle figure la traccia relativa al sensore Mark-L4-3D, raffigurata in rosso, è ribaltata rispetto alle tracce dei sensori Lennatz. Questa caratteristica è stata osservata su ogni campione. Considerando che ad ogni traccia non è stato applicato nessun tipo di filtro, che avrebbe potuto invertire la fase del segnale, si è potuto confermare che il sensore MARK L4-3D ha le fasi invertite su ogni canale. Per quanto concerne la differenza dei valori registrati in ampiezza occorre ricordare che i tre sensori hanno una costante di generazione diversa tra loro ed il rapporto tra esse è pari al rapporto dei valori in ampiezza.

Nelle figure 7,8,9 è raffigurato il risultato di un ulteriore test eseguito in laboratorio, rispettivamente per la componente verticale, orizzontale N-S ed orizzontale E-W, confrontando il segnale di due sensori MARK L4-3D ed il sensore Lennartz LE-3Dlite, installati con le MARS88-MC secondo la tabella 2.

Nome Stazione	N° ID MARS88-MC	Tipo di Sensore	N° ID Sensore
LAB1	53	MARK L4-3D	57
LAB2	54	Lennartz LE-3Dlite	744
LAB3	69	MARK L4-3D	61

Tabella 2. Tipo di sensore utilizzato per il secondo test ed indicazione della MARS88-MC alla quale ognuno è stato installato.

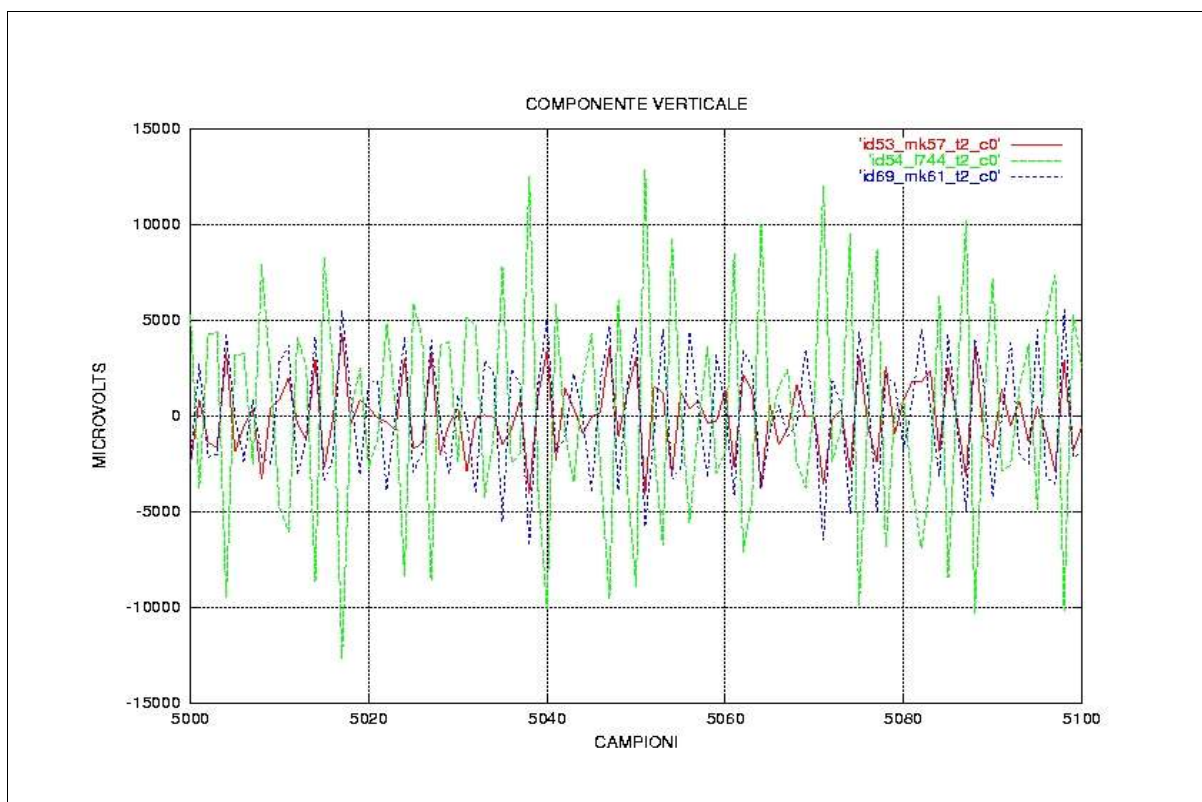


Figura 7. Componenti verticali delle stazioni LAB1 (linea rossa), LAB2 (verde) e LAB3 (blu) dal campione 5000 al campione 5100.

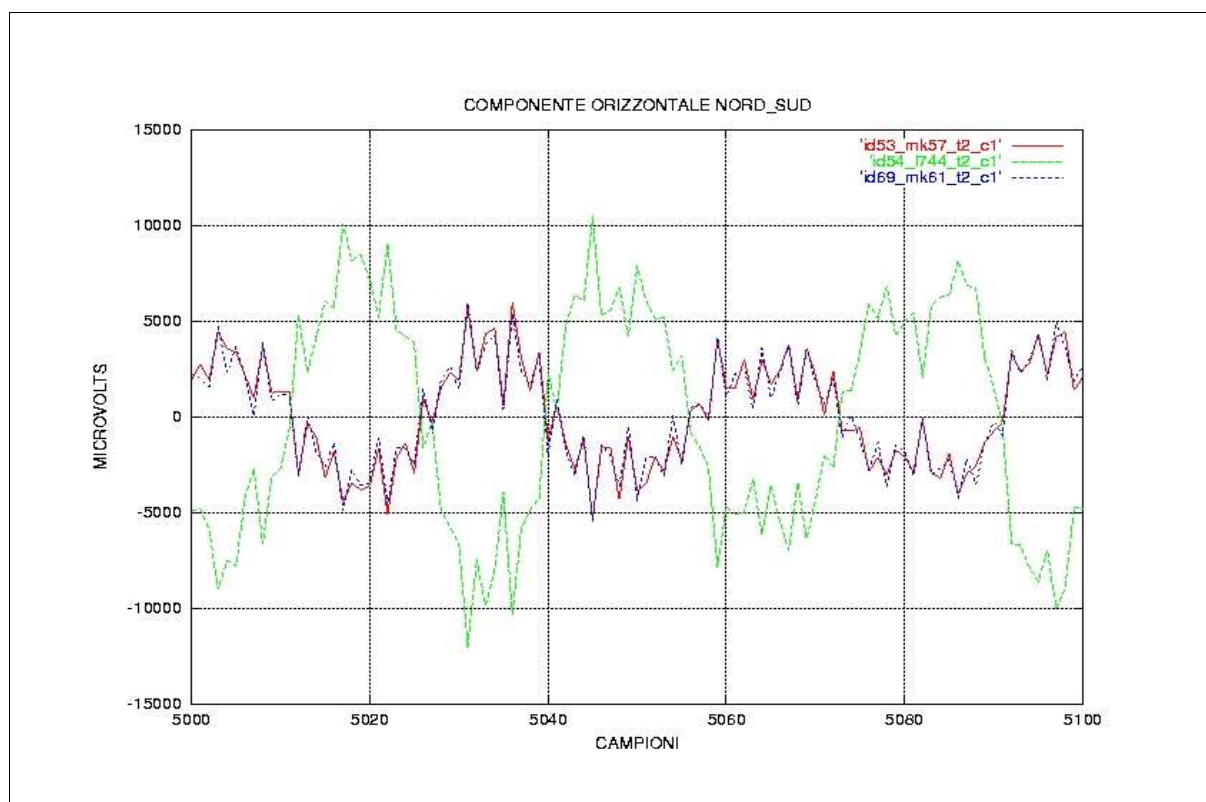


Figura 8. Componenti orizzontali Nord-Sud delle stazioni LAB1 (linea rossa), LAB2 (verde) e LAB3 (blu) dal campione 5000 al campione 5100.

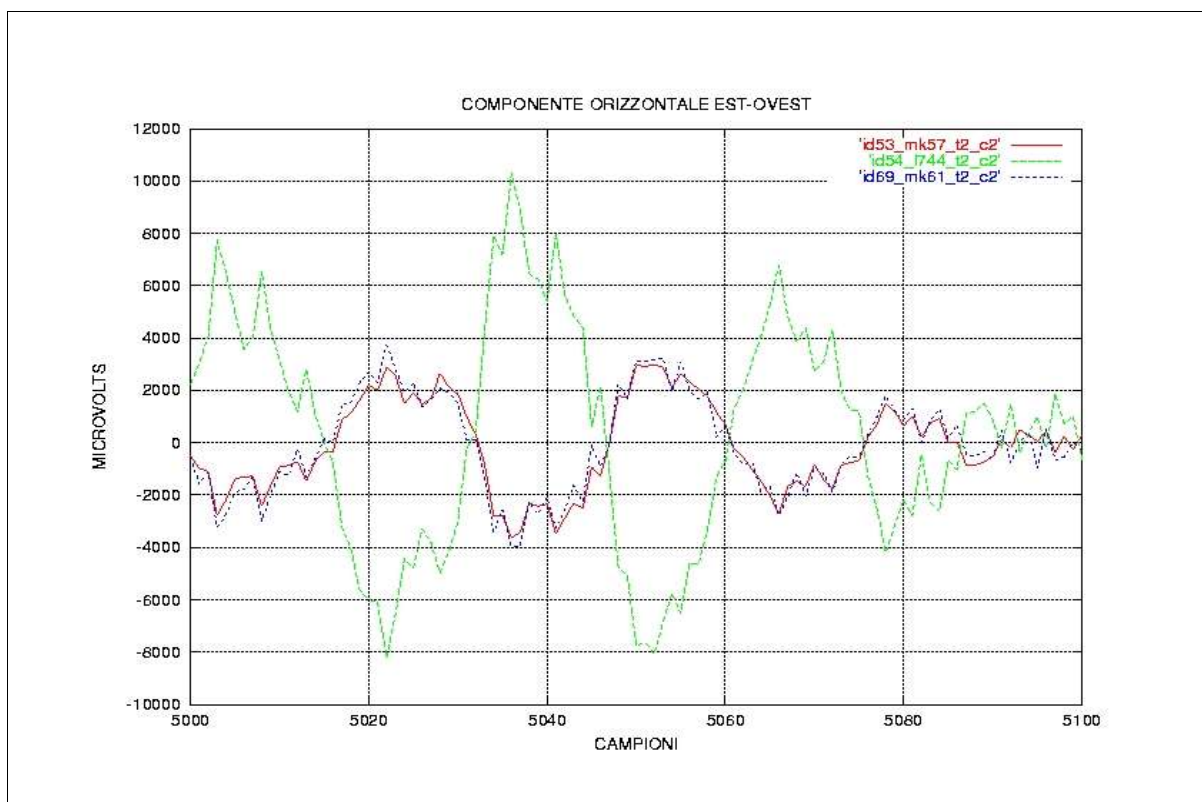


Figura 9. Componenti orizzontali Est-Ovest delle stazioni LAB1 (linea rossa), LAB2 (verde) e LAB3 (blu) dal campione 5000 al campione 5100 (test2).

Come si può vedere in ciascuna delle figure è evidenziato il ribaltamento della traccia del sensore LE-3Dlite, rappresentato col tratto verde, rispetto ai due sensori Mark L4-3D tratti rosso e blu. Anche per questo caso, non essendo stati applicati filtri alle tracce e tenendo conto delle condizioni sperimentali (misure sincronizzate con sensori diversi posti a circa 30-40 cm tra loro) si può dedurre che le tracce dei sensori Mark hanno la polarità invertita su ogni componente.

SOLUZIONI ADOTTATE

Per gestire l'analisi dei dati già acquisiti con i sensori aventi la polarità invertita e per uniformare agli standard internazionali generalmente utilizzati per acquisire nuovi dati con sensori Mark-L4-3D sono state adottate due tipi di soluzione.

La prima, applicata a tutte le tracce già registrate dalla rete dell'INGV-MI, è stata quella di eseguire una correzione dei versi di ogni componente direttamente nel software utilizzato per la trasformazione dei segnali registrati. Nella trasformazione delle tracce dal formato di acquisizione originario binario-Lennartz al formato SAC (D'Alema e Marzorati, 2004) è stato assegnato un fattore correttivo pari a -1 alle registrazioni delle stazioni sismiche connesse ad un sensore MARK L4-3D con la configurazione dei PIN invertita. Con tale soluzione è stato rivisto e corretto il data base delle forme d'onda registrate.

La seconda è stata quella di cambiare fisicamente la connessione dei PIN relativi alle 3 componenti nel connettore del cavo sensore. In tal modo in eventuali futuri utilizzi dei sensori Mark, questi saranno conformi agli standard internazionali senza possibilità di confusione nell'interpretazione dei segnali registrati.

Il cavo del sensore è attaccato allo stesso sensore per mezzo di un connettore militare a 10 PIN, figura 10.

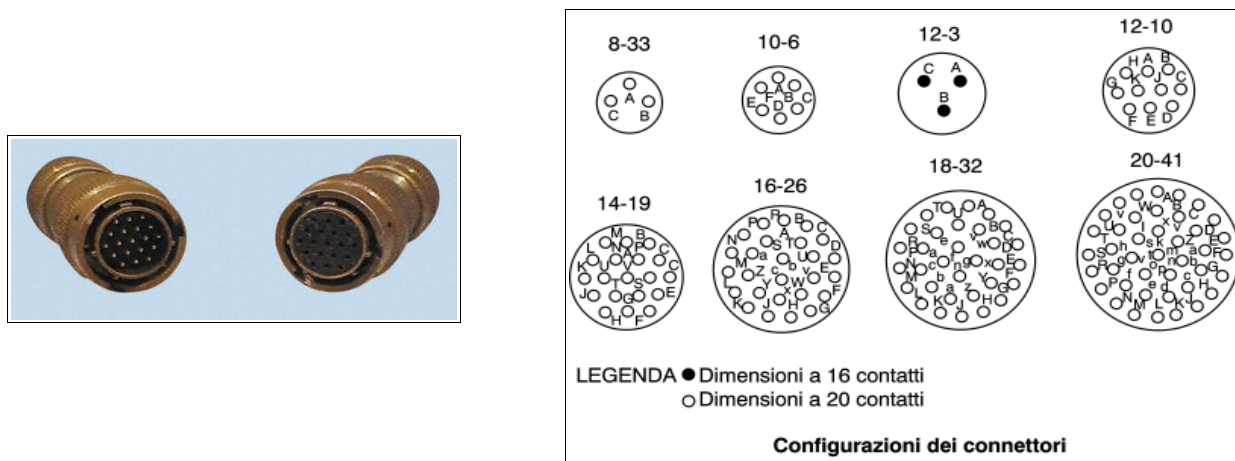


Figura 10. Connettore militare usato per collegare il sensore Mark L4-3D al cavo di trasmissione dati; sulla destra sono disegnati gli schemi dei PIN del connettore utilizzato: mod. 12-10.

Nella tabella 3 sono indicate tutte le connessioni che devono essere fatte per collegare una stazione MARS88-MC ad un sensore MARK L4-3D; nella prima colonna è riportata la tipologia del segnale elettrico: il segnale “+Z”, ad esempio, corrisponde ad una uscita elettrica positiva della componente verticale, che secondo il manuale Lennartz (990-0003) è rappresentativa di un movimento del terreno verso l'alto (up). Nella seconda colonna sono riportate le connessioni per l'acquisitore MARS88-MC, rappresentate con delle lettere. Tali lettere, così come per tutte le altre colonne, sono riferite allo schema dei PIN riportato nella parte destra della figura 10. Nella terza colonna sono indicati i PIN del sensore MARK L4-3D attualmente connessi, mentre nella quinta colonna i PIN delle tre componenti

sono stati incrociati per risolvere l'inversione di polarità. Consideriamo ad esempio la componente orizzontale Est-Ovest; attualmente nel connettore del cavo dal lato del sensore Mark il segnale “+E” è collegato al PIN “G” ed il segnale “-E” al PIN “H”. Per avere la giusta connessione è sufficiente dissaldare i due contatti e saldati al contrario, seguendo la colonna 5 della tabella 3. Nella colonna 4 sono riportati i colori standard di un cavo multipolare schermato con i trefoli intrecciati a coppie, utilizzato anche dalla Lennartz.

Come si può osservare i PIN “A” e “B” sono rimasti collegati allo stesso modo.

Considerando il fatto che attualmente l'INGV-MI ha a disposizione anche degli acquisitori digitali REFTEK-130 è stata compilata la tabella 4 che permette la costruzione dei cavi sensori che connettono un sensore MARK-L4-3D ad una REFTEK-130; il significato delle lettere riportate è lo stesso della tabella 3.

Per avere una ulteriore conferma al lavoro eseguito è stata eseguita una ricerca sul Web mirata a trovare lo schema della connessione usata da altri gestori di reti sismiche, che utilizzano sensori Mark L4-3D. Citando ad esempio il “PASSCAL Instrument Center” a Socorro nel New Mexico (U.S.A.) è stato possibile confermare che la precedente connessione dei PIN dei cavi sensori MARK L4-3D risulta invertita su ogni componente, in quanto anche questo Ente utilizza connessioni come quelle riportate nelle tabelle 3 e 4.

Schema dei pin per i cavi MARS88 – MARK 4L -3D					
Segnale	Connettore MARS88	Connettore MARK 4L-3D	COLORE cavo Lennartz	Connettore MARK 4L-3D <i>POLARITA' CORRETTA</i>	NOTE
+Z	A	E	Bianco	F	Le polarità dei pin delle 3 componenti dei Mark sono invertite.
-Z	B	F	Marrone	E	
+N	C	C	Giallo	D	
-N	D	D	Verde	C	
+E	E	G	Rosa	H	
-E	F	H	Grigio	G	
+12V	G	---	Rosso*	---	La vecchia serie della Mars, aveva il colore rosso, quella nuova ha il viola
-CAL	H	A	Blu	A	
OV (12V supply)	K	B	Nero	B	
Ground	J	No conn	Casuale	No conn	Massa
	---	---	Viola		
	---	---	Rosso/Blu		
	---	---	Rosa/Grigio		
Connettore:	MIL-C-26482 IPT06A12-10 PPHM	MIL-C-26482 IPT06A12-10 PPHM		MIL-C-26482 IPT06A12-10 PPHM	Connettore a 10 PIN

Tabella 3. Schema delle connessioni dei PIN per il cavo che unisce un sensore MARK L4-3D ad un'acquisitore Lennartz MARS88-MC.

Schema dei pin per i cavi REFTEK – MARK 4L -3D					
Segnale	Connettore REFTEK	Connettore MARK 4L-3D	COLORE cavo Lennartz	Connettore MARK 4L-3D POLARITA' CORRETTA	NOTE
+Z	A	E	Bianco	F	Le polarità dei pin delle 3 componenti dei Mark sono invertite.
-Z	B	F	Marrone	E	
+N	C	C	Giallo	D	
-N	D	D	Verde	C	
+E	E	G	Rosa	H	
-E	F	H	Grigio	G	
+12V	H (*)	---	Rosso**	---	** La vecchia serie della Mars, aveva il colore rosso, quella nuova ha il viola
-CAL	N	A	Blu	A	* dato che il Mark non è alimentato dalla Mars88, questo pin si può NON collegare.
OV (12V supply)	J	B	Nero	B	
Ground	G	No conn	Casuale	No conn	Massa
	---	---	Viola		
	---	---	Rosso/Blu		
	---	---	Rosa/Grigio		
Connettore:	MIL-C-26482 ITT serie KPT14-19P	MIL-C-26482 IPT06A12-10 PPHM		MIL-C-26482 IPT06A12-10 PPHM	Connettore a 10 PIN (Lennartz); Connettore a 19 PIN (Reftek)

Tabella 4. Schema delle connessioni dei PIN per il cavo che unisce un sensore MARK L4-3D ad un'acquisitore REFTEK-130.

RINGRAZIAMENTI

Ringrazio Paolo Augliera, Simone Marzorati e Dino Bindi per il prezioso aiuto ed i fondamentali consigli forniti per la realizzazione dei test e per le letture critiche di questo lavoro.

Un particolare ringraziamento va ad Enzo Zunino per i fondamentali consigli che mi ha dato sulle connessioni multipolari, le relative saldature e per l'incredibile disponibilità avuta nei miei confronti.

BIBLIOGRAFIA

Bormann, P. (2002). New Manual of Seismological Observatory Practice (NMSOP) Volume 1 e 2. GeoForschungsZentrum Potsdam. pp. 1252.

D'Alema, E., S. Marzorati (2004). Metodologie per l'installazione e la gestione delle stazioni sismiche Mars88 Modem Control. *Rapporti Tecnici dell'INGV n° 21*.

Lennartz electronic Gmbh, LE-xD Geophone Family. Documents Number: 990-0003 Part Number: 223-0000, -0022, -0030, -0034, -0035, and -0039., URL: <http://www.lennartz-electronics.de>. pp. 7.

SAC2000 User's Manual, 1998. URL: <http://www.llnl.gov/sac/>

Summary Sheet for PASSCAL Sensor, Appendix B.

URL: http://www.passcal.nmt.edu/instrumentation/Sensor/sensor_info.html pp. 2.

Reftek 130-01 Broadband Seismic Recorder System Startup, Installation. 3/04/2003, URL: <http://www.reftek.com>. pp. 178.